

北洋操業 가다랭이 延繩漁船의 船型改良에 관한 實驗的 研究

金又銓**** · 潘碩鎬*** · 朴泳旻** · 金曉哲*

Hull Form Improvement of a Tuna Longliner for the Northern Pacific Ocean
by

Wujoan Kim**** · Suakho Van*** · Youngmin Park** · Hyochul Kim*

Abstract

One of tuna longliners which have excellent operational record at the tropical Pacific Ocean was selected as a parent hull form for the development of a new ship which could be operate at the high latitude northern Pacific Ocean. The parent hull was modified to adapt operational and enviromental condition of such a weather and sea states. This modification was carried out based on design experiences and model test results in towing tank.

In this report modification techniques applied to the hull form design of a tuna longliner are summarized. The powering performance of the developed hull form is evaluated to show 19% decrease of resistance campared with the parent hull form.

1. 緒 言

北太平洋의 高緯度 海域에서 高級漁種인 가다랭이가 잡히기 始作하였으며 그 經濟성이 認定되어 사모아를 基地로 하여 南太平洋에 出漁하던 다랑어 延繩漁船을 北洋漁場에 投入하게 되었다. 그러나 北洋의 操業海域은 氣象, 海象 等の 環境要因이 거칠어 南太平洋에서 操業하던 船舶은 그에 適應하기 어렵게 되었다. 또한 操業方法, 操業期間, 漁獲量 等도 變化하게 되어 採算性에도 影響을 주게 된다. 따라서 新漁場에서 操業하기 에 適合한 船型의 開發이 要求되기에 이르렀다.

이러한 必要性에 符應하여 操業成績이 優秀한 船舶을 택하여 基準船型(parent hull form)으로 삼고 이를 操業經驗을 土臺로 改善하여 改良船型(modified hull form)을 구하였다. 이 改良船型에 對하여 船型試驗水槽에서 多樣한 試驗技法을 利用하여 最適化하므로써 開發船型(developed hull form)을 求하였다. 이들 船

型改善過程에서 荒天中 耐航性, 輕荷狀態에서의 初期縱傾斜, 揚繩作業中の 保針性, 載貨容積 等に 對한 操業經驗上의 要求를 最大限 反映하고자 하였다. 또한 船舶의 總合經濟性を 높이기 위하여 에너지 節約에 着眼하여 船體抵抗의 減少, 推進效率의 增大, 主機 및 補機의 綜合效率改善, 冷凍機器의 合理化, 居住區의 斷熱과 保溫에 努力하였다.

이 報告에서는 船型改良과 直接關聯된 部分에 對하여 船型決定의 背景을 紹介하고 開發船型의 導出과 性能評價過程에서 遂行된 抵抗試驗, 伴流測定, 推進器單獨試驗 그리고 自航試驗 等에서 얻어진 實驗的 研究結果를 紹介하고자 하였다.

2. 船型改善

2-1 基本方針

實績船型中에서 操業成績이 優秀한 船型을 基準船型으로 삼고 北洋操業에서 얻은 問題點들을 設計經驗을

本 技術報告는 大韓造船學會 1987年度 春季研究發表會에서 發表된 內容임.

授受日字: 1987年 5月 15日, 再接受日字: 1987年 6月 29日

* 正會員, 서울大學校 工科大學 造船工學科

** 正會員, (株) 海事技術

*** 正會員, 韓國機械研究所 大德船舶分所

**** 學生會員, 서울大學校 工科大學 造船工學科(現在 留學中)

土臺로 改善하므로서 改良船型을 얻어낸다. 改良船型에 對하여서는 船首部의 形態를 球狀船首로 하고 最適位置의 決定과 船體船圖의 純整作業을 船型試驗水槽에서의 實驗結果의 도움을 받아 遂行하므로서 開發船型을 구한다. 開發船型에 對하여서는 推進機面에서의 伴流를 測定하고 이를 利用하여 推進器를 設計하며 船尾船型은 改良船型에서 얻어진 一般의 船尾形狀을 그대로 사용한다.

2-2 基準船型

設計資料와 試驗資料의 入手가 可能하며 操業成績이 뛰어난 것으로 評價되고 있는 GT 379級 다랑어 延繩漁船을 基準船型으로 擇하였다. 이 船型은 操業成績과 運航性能面에서 同種의 日本漁船에 比肩할 수 있는 것으로 評價되어 왔다. 基準船型의 船型은 Fig. 1에 보인 바와 같다.

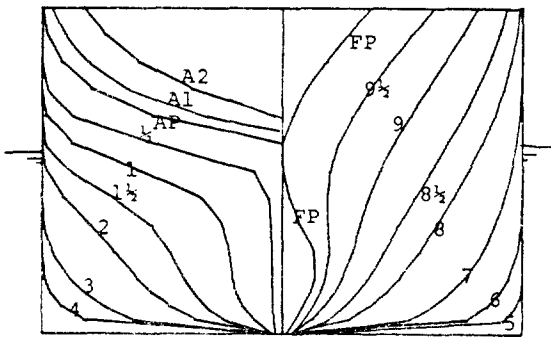


Fig. 1 Body plan of parent hull form

2-3 主要數値의 決定

太平洋의 高緯度 海域과 熱帶海域의 平均風速과 波高는 Table 1에 주어진 바와 같다.

Table 1에서 알 수 있는 바와 같이 操業海域의 氣象 및 海象은 判異하다. 따라서 漁船과 같은 小型 船舶에서는 이에 順應하려면 船舶을 設計初期에서부터 그에 對한 對策이 講究되어 있어야 한다. 特히 船舶損失과 直結되는 것은 復原性能으로서 初期 GM, 最大復原力, 最大傾斜角 等에 따라 動的復原特性이 變化하게 된다.

基準船舶의 北洋에서의 操業經驗에서는 初期復原力이 要求되는 것으로 評價되고 있어 橫動搖 周期를 크게 줄이지 않는 範圍에서 船幅을 키워주도록 하였다. 船幅은 20cm가 增加되었으며 初期 GM은 15cm 程度가 增加되었다. 한편 船幅이 增加하면 길이-폭비 L/B가 작아지고 이는 一般적으로 操縱性能을 떨어뜨리게

Table 1 Wind and waves in Pacific Ocean[1]

zone	season	mean wind speed (kts)	mean wave height (m)	mean wave period (sec)
high latitude Pacific Ocean	spring	17.9	2.47	5.5
	summer	13.4	1.73	
	autumn	18.8	2.59	
	winter	21.7	3.12	
	whole year	17.5	2.4	
tropical Pacific Ocean	spring	11.0	1.44	5.3
	summer	10.2	1.36	
	autumn	9.4	1.31	
	winter	12.7	1.74	
	whole year	10.8	1.44	

된다. 一般적으로 延繩漁船에서는 揚繩作業을 遂行하게 되는 低速運航에서 높은 保針性이 要求된다. 따라서 基準船型의 L/B값이 變化되지 않도록 船舶의 垂線間距이를 1.1m 增加시키었다.

2-4 形狀係數의 決定

船舶의 길이와 幅이 增加한데 반하여 排水量의 變化는 크게 要求하고 있지 않으므로 方形係數와 中央斷面積係數를 줄여 주도록 하였다. 特히 中央斷面積係數를 줄이는 데 着目하므로서 低速運航時의 保針性이 向上되고 形狀抵抗의 減少가 이루어지도록 하였다. 이로 인하여 柱形係數 C_p 는 增加되게 되었다.

浮心の 位置는 船舶의 抵抗과 直結되며 北洋에서의 操業結果에서 基準船型의 輕荷時 初期縱傾斜가 過大한

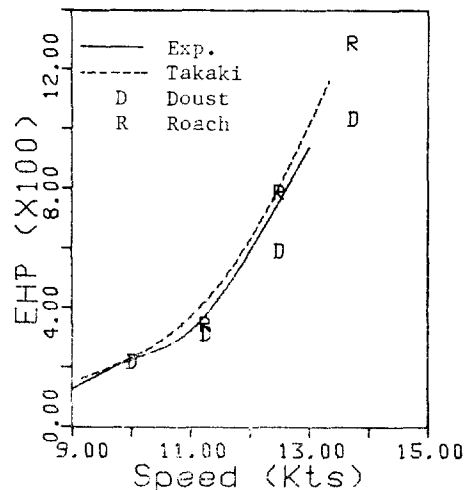


Fig. 2 Comparisons of effective horse power

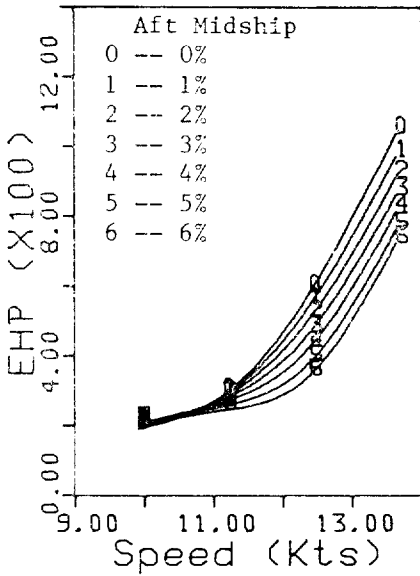


Fig. 3 Effect power at different locations of LCB using Doust chart[4]

것으로指摘되어 왔다. 縱傾斜를 줄이기 위하여 浮心位置를 船尾쪽으로 移動하는 것이 必要하였다. 浮心の 最適位置를 알아보기 위하여 몇가지 設計資料를 調査하여 보았다. Fig. 2에는 이들 資料를 活用하여 基準船型의 設計速度인 12.5 kts에서의 抵抗을 推定하고 實驗値와 比較하였다.

Fig. 2에 의하면 Takaki의 式[2]으로 推定된 값과 Roach의 圖表[3]를 사용하여 推定된 값은 實驗値에 接近되어 있으며 Doust의 式[4]으로 推定된 結果는 定性的인 特性이 實驗値와 一致하고 있음을 알 수 있다. Doust의 도표를 使用하여 設計速度에서의 浮心位置의 變化에 따르는 抵抗變化를 調査하면 Fig. 3과 같은 結

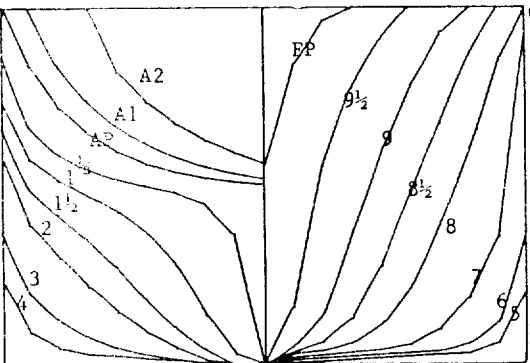


Fig. 4 Body plan of the modified hull form

果를 얻을 수 있다.

Fig. 3에 따르면 浮心位置를 船尾쪽으로 옮김으로써 船體抵抗을 減少시킬 수 있음을 알 수 있다. 基準船型에서 漁勞裝置, 甲板機械 등의 配置는 크게 變化시키기 어려우므로 初期縱傾斜의 總대량을 1/2 程度減少시키는 것으로 하였을 때 浮心位置는 船體中心으로부터 1.69m 船尾쪽에 놓이도록 船型을 바꿀수 있었다. 이렇게 얻어진 船體線圖는 Fig. 4와 같으며 船體橫斷面積曲線은 Fig. 5와 같다.

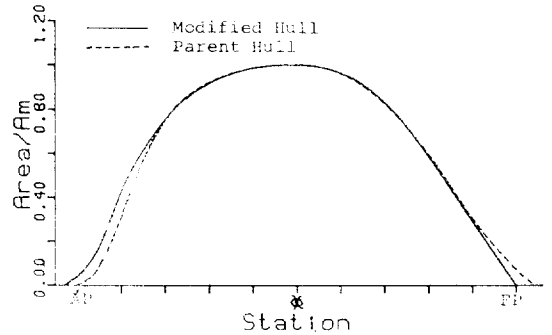


Fig. 5 Sectional area curves of modified and parent hull form

3. 船首船型의 決定

3-1 球狀船首의 形狀決定

球狀船首의 一次의 效果는 靜水中에서의 抵抗減少에 있다. 漁船과 같이 載貨狀態의 變化가 頻繁한 船型에서는 抵抗減少의 期待效果는 減少하게 된다. 特히 荒天中에서 使用되는 경우에는 抵抗減少 效果以前에 運動特性에 變化를 가져오므로 球狀船首船型에서 縱動搖特性이 改善된 例도 있으나 充分한 檢討가 必要하게 된다. 延繩漁船의 경우에는 縱動搖 特性이 改善된 것으로 報告[5]된바 있으나 一般的인 球狀船首形狀에서는 波浪衝擊荷重을 增加시키며 輕荷時에 保針性이 떨어지는 등의 缺點을 가지고 있다. 따라서 球狀船首의 斷面形態를 決定함에 있어서 이를 補完할 수 있도록 球의 中心을 되도록 윗쪽에 놓이도록하고 그 아래쪽은 V型이 되도록 하였으며 保針性을 補完하기 위하여서 球의 下面으로부터 船尾部까지에 걸쳐 假龍骨을 붙이도록 하였다. 投揚錨作業을 考慮하여 球의 最大幅을 決定하였는 바 그 概形은 Fig. 6과 같다.

3-2 球狀船首의 最適位置 決定

球狀船首의 縱方向 位置는 抵抗變化에 敏感하게 作

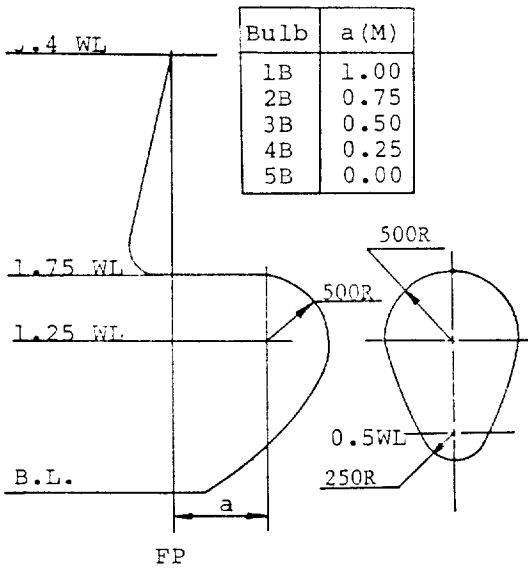


Fig. 6 Shape and dimensions of bulbs

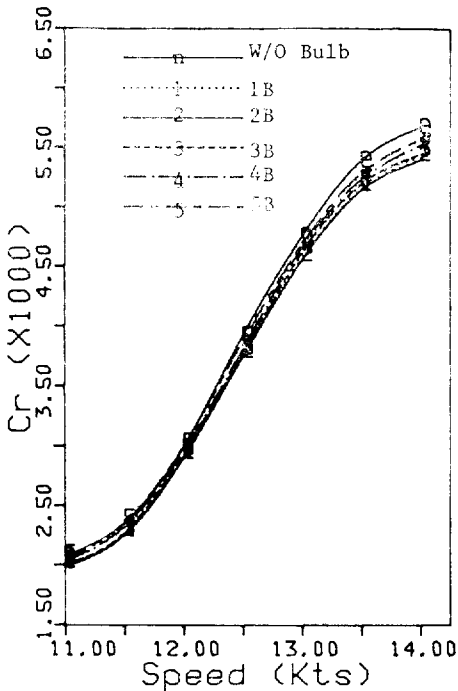


Fig. 7 Residuary resistance coefficients of modified hull from with different bulbs

用하므로 實驗의 方法으로 最適位置를 찾고자 하였다. Fig. 6에 주어진 5개의 서로 다른 길이를 갖는 球狀船首를 만들고 이들을 Fig. 4에 주어진 改良船型의 船首

部에 바꾸어 붙이고 抵抗試驗을 實施하였다. 縮尺比 1/20 模型船에서 計測된 剩餘抵抗係數는 Fig. 7과 같다.

抵抗試驗中에 船體中心面으로부터 0.5 L_{pp} 만큼 떨어진 位置에서 波型을 記錄하였으며 이들을 解析하여 波型抵抗을 求하면 Fig. 8과 같다.

Fig. 7로부터 設計速度인 12.5 knot에서의 有效馬力을 求하여 比較하면 Fig. 9와 같다. 이로부터 船首垂線으로부터 앞쪽으로 0.75 m 떨어진곳에 球의 中心이 놓일 때 가장 큰 抵抗減少가 나타남을 알 수 있다.

그런데 船首보다 앞쪽으로 球가 突出될수록 揚繩作業에 障礙를 일으키므로 球의 中心位置가 船首垂線보다 0.5m 앞쪽에 놓이는 3B를 最適 球狀 船首로 택하였다.

Fig. 7과 Fig. 8을 보면 基準船型의 剩餘抵抗 또는 波型抵抗은 球狀船首를 달아주므로써 減少되고 있음을 確認할 수 있다. 그런데 剩餘抵抗에서는 基準船型에

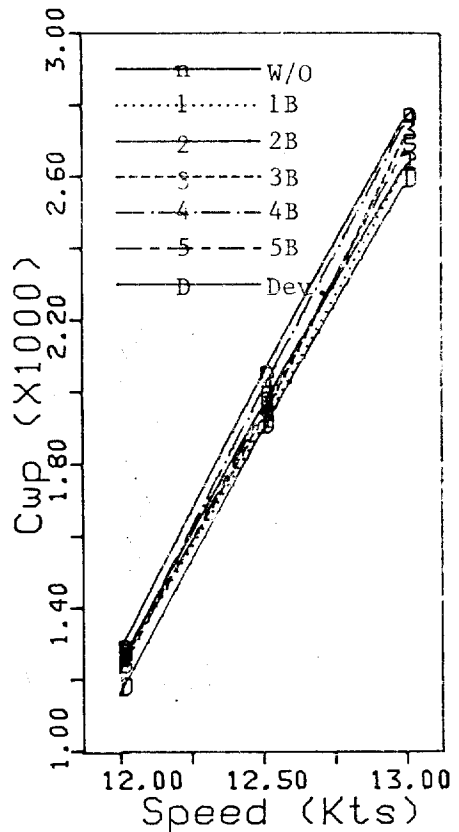


Fig. 8 Wave pattern resistance coefficients of modified hull form with different bulbs

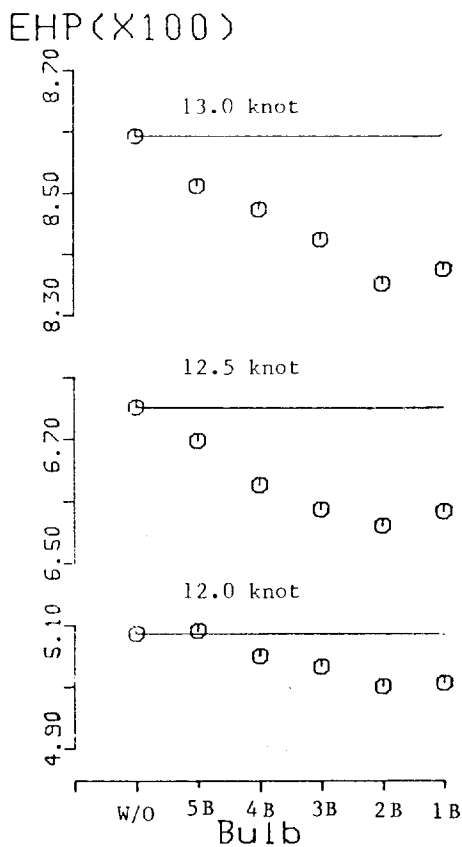


Fig. 9 Effect power of modified hull form with different bulbs

比하여 11.2%의 減少가 이루어진데 반하여 波型抵抗에서는 7.8%의 減少가 이루어지고 있음을 알 수 있다. 따라서 球狀船首로 인한 抵抗의 減少는 造波抵抗만의 減少를 뜻하는 것은 아니며 形狀抵抗, 衰波抵抗 등의 變化에 따른 影響이 包含되어 있음을 確認할 수 있다.

最適位置로 選定된 球狀船首에 對하여 油膜法을 使用하여 限界流線을 調査하면 Fig. 10의 結果를 얻을 수 있다.

Fig. 10의 限界流線을 보면 船首材와 球가 맞나는 部近 그리고 球와 船底 假龍骨이 맞나는 部近에서는 剝離現象 및 보오텍스의 發生徵候가 엿보이고 있다. 이를 參考로 하여 船首部の 純整作業을 實施하면 最終으로 Fig. 11과 같은 開發船型을 얻을 수 있다.

基準船型과 改良船型 그리고 開發船型의 特性을 比較하였 Table 2와 같다.



Fig. 10 Limiting stream lines around the bulbous bow 3B

3-3 開發 船型의 評價

언어진 開發船型을 評價하기 위하여 抵抗試驗을 實施하고 그 結果를 Fig. 12에 나타내었다. 여기에는 基準船型이 改良船型에서 언어진 實驗結果를 함께 나타내었다. 이때 基準船型의 試驗結果는 韓國機械研究所 大德船船分所의 船型試驗水槽에서 이루어진 것이므로 開發船型의 抵抗試驗을 같은 水槽에서 實施하므로써 水槽의 特性에 따른 착오가 일어나지 않도록 配慮하였다. 또한 參考로 Takai方式으로 推定된 結果도 함께 나타내었다.

이에 의하면 滿載狀態에서 設計速度 12.5 knot로 靜水中을 航行할 때의 소요동력은 基準船型에서 804.35 馬力이었던 것이 改良船型에서 676.0 馬力이 되어 16%

Table 2 Principal characteristics of ships

Particulars	Parent hull	Modified hull	Developed hull
Length B.P. (m)	46.9	48.0	48.0
Breadth (m)	8.7	8.9	8.9
Depth (m)	3.75	3.75	3.75
Draft (m)	3.4	3.4	3.4
Displacement (m ³)	903.0	941.3	944.4
Wetted surface area (m ²)	543.3	584.3	599.7
LCB aft (m)	0.240	1.691	1.691
KB (m)	1.864	1.903	1.903
C _B	0.6510	0.6480	0.6502
C _M	0.9710	0.9547	0.9551
C _P	0.6704	0.6787	0.6807
C _w	0.8150	0.8457	0.859
C _{pp}	0.7988	0.7660	0.7686

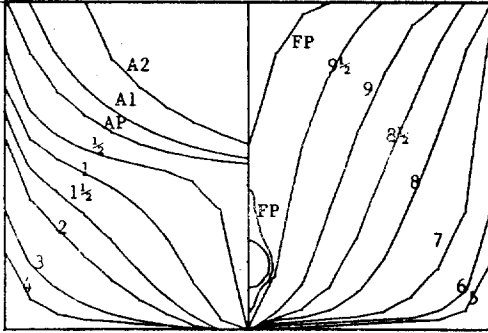


Fig. 11 Bodyplan of developed hull form

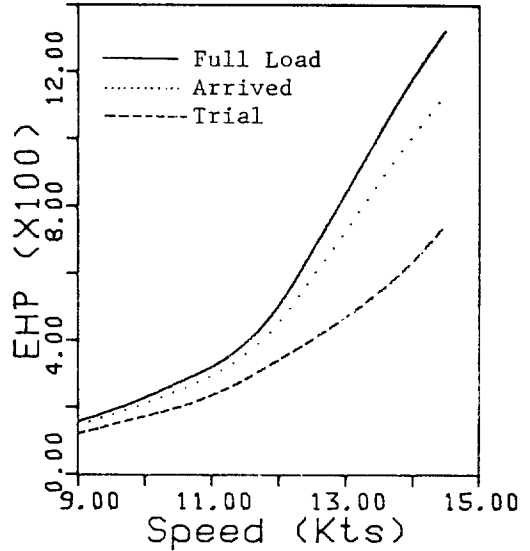


Fig. 13 Prediction of effective horse power at the various loading conditions of developed hull form

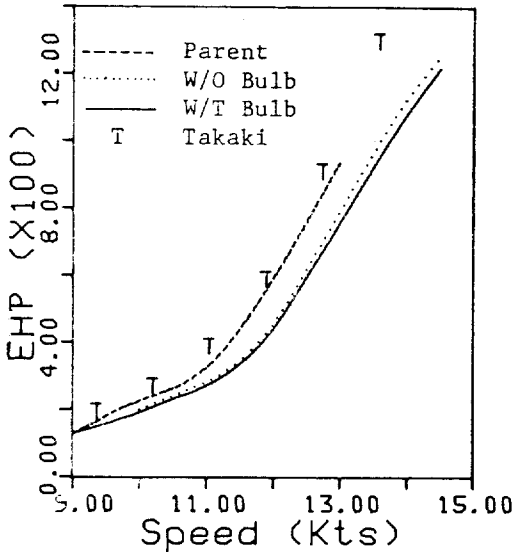


Fig. 12 Effective power of developed hull form

의 동력減少가 이루어졌음을 알 수 있다. 또한 開發船型에서는 653.9 馬力이 要求되어 改良船型에 比較하여 다시금 3%의 抵抗減少가 이루어졌음을 알 수 있다. 이들을 綜合하면 抵抗減少의 大部分은 經驗論的 船型改善過程에서 얻어졌으며 그 主要 原因은 浮心位置의 移動과 船體斷面形狀을 變化시킨데서 나타난 것으로 評價할 수 있다. 이에 對하여 球狀 船首를 붙여주므로서 얻을 수 있었던 抵抗減少效果는 3%程度로서 相對的으로 그 效果가 작다는 것을 알 수 있었다. 그러나 이는 設計對象船型의 特殊한 操業條件 등으로 인하여 球狀船首의 設計範圍가 制約되어 있었던 것에도 原因이 있었다고 생각된다.

開發船型의 滿載入港과 出港狀態 그리고 試運轉狀態에 對하여 設計速度에서의 有效馬力を 推定하면 Fig. 13이 얻어진다. 이 推定에서는 ATTC 摩擦抵抗 曲線

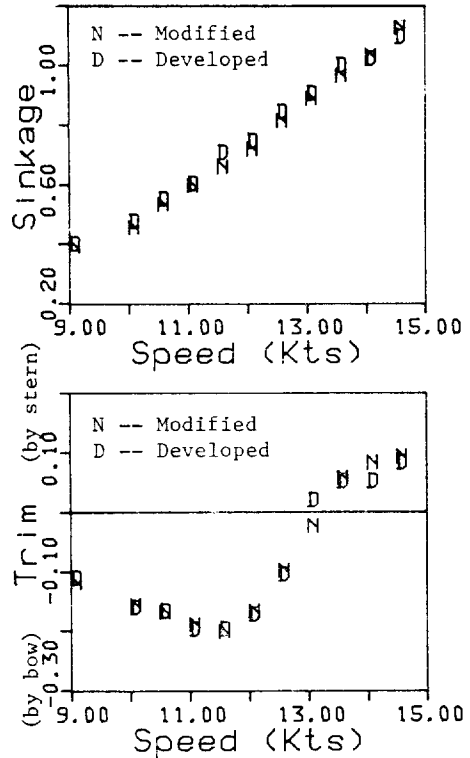


Fig. 14 Trim and sinkage(nodimensionalized by $L_{pp}/100$)

을 사용하였으며 模型船-實船 相關修正係數로서 $C_w=0.0005$ 를 사용하였다.

또한 船型 改善作業에서 初期縱傾斜를 크게 줄인바 있다. 船走中의 姿勢變化를 確認하던 Fig. 14가 얻어진다. 이에 카르덴 球狀船首로 인한 航走姿勢의 變化는 크지 않음을 알 수 있다.

4. 推進器 및 推進性能

4-1 伴流의 調査

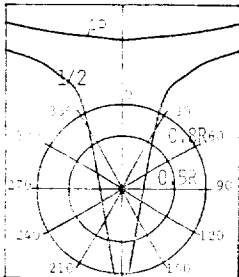
얻어진 開發船型에 對하여 높은 效率의 推進器를 設計하기 위하여서는 推進器面內에서의 平均伴流을 알아야 한다. 伴流分布의 計測對象으로서 軸方向 成分만을 생각하였으며 推進軸에 붙여지는 回轉式 pitot rake을 製作하여 伴流을 計測하였다. 計測位置는 半徑方向으로 0.5 R과 0.8 R이 되는 2가지 半徑을 택하였으며 圓周方向으로는 直立上方으로 부터 反時計方向으로 rake을 30° 間隔으로 回轉시켜서 얻어지는 12個의 點을 擇하였다. 이들 點에서 얻어지는 伴流計測 結果는 Fig. 15에 정리하였다.

또 油膜法으로 船尾部的 限界流線을 調査하면 Fig. 16과 같은 結果를 초래한다.

Fig. 15와 Fig. 16을 보면 船體 中心線面 近處의 推進器 翼쪽에서 伴流의 集中, 剝離現象等이 일어나고 있음을 알 수 있다. 이러한 現象을 推進效率, 空洞現象, 騒音 등에서 不利하게 作用하게 된다. 따라서 伴流分布를 均一化하는 船尾部的 船型改善이 앞으로 必要한 것으로 判斷되고 있다.

4-2 推進器 및 推進器 單獨特性

Fig. 15로 주어진 推進器面에서의 伴流分布의 加重平均을 구하고 이를 基準으로하여 推進器를 設計하였다. 設計에는 NACA 圖表가 使用되었으며 設計된 推進器의 主要特性은 Table 3과 같다.



Radius	Deg.	
	0.5R	0.8R
0	73.3	78.2
30	71.0	66.9
60	20.2	11.1
90	9.8	5.4
120	8.8	3.0
150	4.3	4.1
180	32.9	22.3
210	9.3	5.4
240	16.2	11.7
270	13.5	5.6
300	30.4	21.3
330	73.3	69.3

* Axial wake is tabulated in the center of the propeller at 1.438 m/sec (V₀) corresponding to 12.5 knots.

Fig. 15 Axial wake distribution at the propeller plane

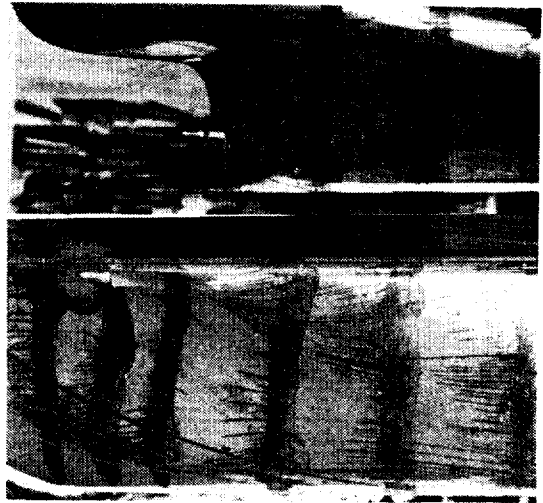


Fig. 16 Limiting stream lines around the stern

設計된 推進器의 縮尺模型을 韓國機械研究所 大德船 舶分所에서 製作하였으며 이를 實驗하여 Fig. 17과 같은 推進器 單獨特性을 얻었다. 이 推進器를 써서 서울 大學校에서 計測한 結果는 前進比에 따라 토오코係數와 推力係數의 變化率이 相對的으로 크게 나타나고 있으나 이들로부터 얻어지는 推進器 單獨效率는 同一한 값이 됨을 알 수 있다. 이러한 差異는 두 機關이 保有하고 있는 推進器 騒動 모우티의 回轉數의 差에 의하여 나타나는 R₀ 影響일 것으로 推測된다.

4-3 自航試驗과 自航要素

開發船型的 滿載出港 狀態와 滿載入港 狀態에 對하여 船速을 變化시켜가며 自航試驗을 實施하였다. 自航

Table 3 Principal characteristic of designed propeller

Propeller name	MAU-4
Diameter	2.730 m
Pitch	2.304 m
Pitch ratio	0.844
Number of blades	4 ea
Disk area	5.8535 m ²
Expanded area	2.3621 m ²
Projected area	2.0639 m ²
Expanded area ratio	0.403
Projected area ratio	0.352
Boss diameter	491.4 mm
Boss ratio	0.180
Blade rake angle	10.0 degree
Maximum width ratio	0.237

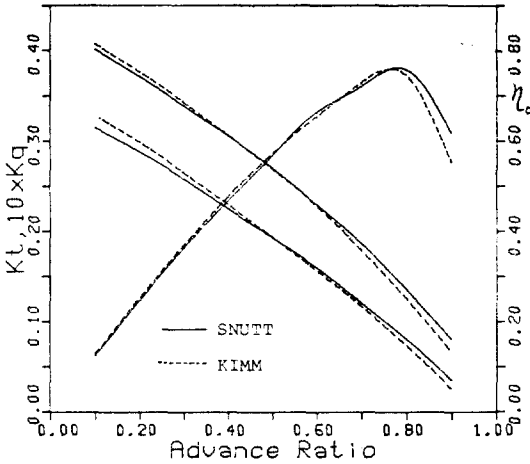


Fig. 17 Propeller open water characteristics

點에서 計測된 推進器의 回轉數와 推力 그리고 토오크를 使用하여 自航要素들을 求하면 Fig. 18과 같다.

Fig. 18에 따르면 設計速度 近處에서 速度變化에 無關하게 一定한 값을 가지는 것으로 보여지고 있다. 伴流 1-ω를 보면 推進器 面에서 計測된 伴流의 平均値 0.268로 計算되는 값과 거의 一致하는 結果를 보이고 있다. 이에 對하여 經驗的 資料를 使用하여 推定하였던 推力減少係數와 相對回轉效率는 差異가 나타나고

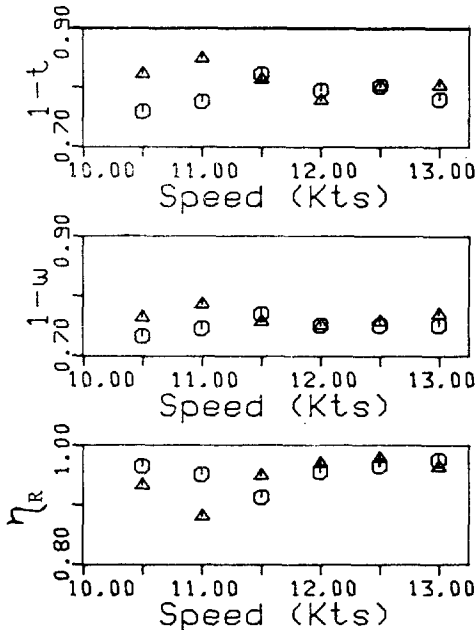


Fig. 18 Self propulsion coefficients of the developed hull form at full load (O) and arrival condition (Δ)

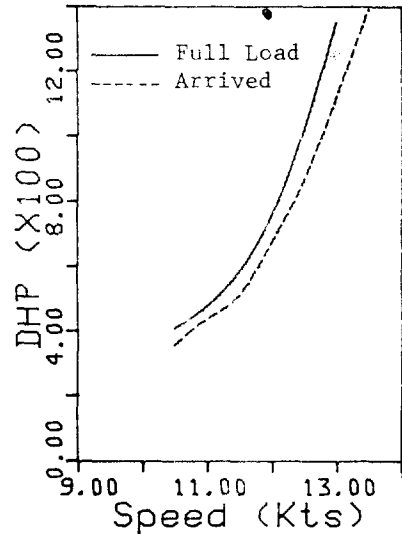


Fig. 19 Estimated delivered ihorse power of the developed hull form

있다. 따라서 보다 效率를 높이기 위하여서는 이들을 修正하여 推進器를 再設計하는 것이 바람직 할 것으로 생각된다.

이들 自航要素는 縮尺影響을 받지 않는다고 假定하였을 때 開發船型에서 期待할 수 있는 機關馬力은 Fig. 19와 같다.

5. 結 言

比較的 操業實績이 優秀한 것으로 알려져 있던 GT 379급 다랑어 延繩漁船을 基準船型으로 삼아 北太平洋 高緯度海域에서 操業하기에 適合한 가다랭이 延繩漁船의 船型으로 改良하고자 하였다. 船型改良에서는 經驗的方法을 써서 基準船型을 改善한 改良船型을 구하였는바 이 過程에서 船舶의 총톤수가 379 ton으로부터 390 ton으로 增加하였음에도 全抵抗은 16% 程度 減少하게 되었다. 또 改良船型에 實驗的方法으로 最適球狀船首가 붙여진 開發船型을 구하였으며 改良船型의 全抵抗을 4.8% 減少시키게 되었다.

船型改良을 통하여 綜合적으로는 相當한 成果가 있었으나 船型係數와 抵抗사이의 關係에 對한 組織的이며 體系的 研究가 必要하다고 생각된다. 球狀船首에 關하여서도 球의 크기와 上下方向의 最適位置에 關한 研究가 補完되어야 하겠으며 本 研究에서 除外되어 있는 船尾形狀과 自航要素들의 關係를 究明하는 研究도

時急히 遂行되어야 할 課題의 하나이라고 생각된다.

後 計

이 研究를 遂行함에 있어서 서울大學校 船型試驗水槽에서 實驗에 獻身的으로 努力하여 주신 柳性善, 張倬準, 李鎭奎, 金奇彥, 金在成 諸氏에 感謝드리는 바입니다.

參 考 文 獻

- [1] Takaishi, Matsumoto, Ohmatsu, "Wind and Waves of the North Pacific Ocean", Ship Research Institute, 1980.
- [2] 日本作業船協會, "引船の基本設計指針", 1984.
- [3] Roach C.D., "Tugboat Design", Transaction of SNAME, 1954.
- [4] Doust D.J., O'Brien T.P., "Resistance and Propulsion of Trawlers", Transaction of NEC. Vol. 75, 1959.
- [5] 吉田稔, 栗原眞人, 高橋和志, "小型漁船における Bulbous Bow의 有效性について", 漁船 226號.
- [6] 乾崇夫, "球狀船首の造波效果における 水槽試驗", 造船協會論文集, Vol. 108.
- [7] 日本水産廳 漁船研究室, "船型の選定における 研究結果について", 漁船, Vol. 218.
- [8] 山越康行, "省 Energy 船型の 波浪中 動搖について", 漁船, Vol. 236.
- [9] 日本造船學會, "船型開發と試驗水槽", 水槽試驗委員會 第一部會シンポジウ, 1983.